International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)

Peer-Reviewed Journal

ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)

Vol-9, Issue-10; Oct, 2022

Journal Home Page Available: https://ijaers.com/

Article DOI: https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.910.28

Elements for an Aquaponics Genealogy: Ancestors of an Innovative Social Technology

Elementos Para uma Genealogia da Aquaponia: Antepassados de uma Tecnologia Social Inovadora

Nemo Augusto Móes Côrtes[1], Ana Maria Dubeux Gervais[2], Jorge Luiz Schirmer de Mattos[3]

[1]Doutorando do PPGADT – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial da UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

[2,3] Docente do PPGADT – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial da UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

Received: 25 Sep 2022,

Received in revised form: 11 Oct 2022,

Accepted: 15 Oct 2022,

Available online: 23 Oct 2022

©2022 The Author(s). Published by AI Publication. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

***Keywords* — Agroecology, aquaculture, chinampas.**

***Palavras-chaves* — Agroecologia, aquicultura, chinampas.**

Abstract *— Aquaponics is a social technology that integrates raising fish in ponds with growing food without soil. This article aims to (i.) analyze the situation of aquaculture and its relationship with sustainability and food security, (ii.) rescue the historical foundations of chinampas and their relationship with aquaponics, (iii.) identify the relationships between agroecology and aquaponics, (iv.) review the concept of aquaponics and (v.) present the current scenario of aquaponics in Pernambuco. For that, a bibliographic and data survey was carried out, through the historical method, in order to find clues to a genealogy of aquaponics. Aquaponics shows a high degree of approximation with agroecology as it is a sustainable, resilient social technology with high replicability power. In addition, aquaponics is an integrative, transdisciplinary and holistic technique in essence. Currently, in Pernambuco, non-governmental organizations and research institutions are promoting the development of aquaponics in several territories of the state. Therefore, aquaponics shows a high degree of approximation with agroecology as it is a sustainable, resilient social technology with high replicability power. In addition, aquaponics is an integrative, transdisciplinary and holistic technique in essence.*

Resumo *— A aquaponia é uma tecnologia social que integra a criação de peixes em tanques com o cultivo de alimentos sem solo. Esse artigo tem como objetivo (i.) analisar a situação da aquicultura e sua relação com a sustentabilidade e a segurança alimentar, (ii.) resgatar as bases históricas das chinampas e sua relação com a aquaponia, (iii.) identificar as relações entre agroecologia e aquaponia, (iv.) revisar o conceito de aquaponia e (v.) apresentar o cenário atual da aquaponia em Pernambuco. Para tanto foi realizado um levantamento bibliográfico e de dados, através do método histórico, a fim de encontrar pistas de uma*

genealogia da aquaponia. A aquaponia mostra um alto grau de aproximação com a agroecologia por ser uma tecnologia social sustentável, resiliente e com alto poder de replicabilidade. Além disso, a aquaponia é uma técnica integradora, transdisciplinar e holística por essência. Atualmente, em Pernambuco, organizações não governamentais e instituições de pesquisa estão promovendo o desenvolvimento da aquaponia por diversos territórios do estado. Sendo assim, a aquaponia mostra um alto grau de aproximação com a agroecologia por ser uma tecnologia social sustentável, resiliente e com alto poder de replicabilidade. Além disso, a aquaponia é uma técnica integradora, transdisciplinar e holística por essência.

I. INTRODUÇÃO

A aquaponia vem se desenvolvendo e despertando interesse em diversos territórios de Pernambuco e no mundo. Da região metropolitana do Recife, passando pela Zona da Mata e indo até o Sertão do estado de Pernambuco já é possível encontrar experiências de sistemas de aquaponia em funcionamento. O autor desse artigo atualmente é coordenador de Aquaponia de uma organização não governamental que atua internacionalmente promovendo a aquaponia, com experiências sólidas na África do Sul, Jamaica e Peru. Desde 2020 monitora as atividades de um sistema de aquaponia comercial instalado no campus de Glória de Goitá da escola técnica de agroecologia do SERTA, situado na Zona da Mata pernambucana. A partir dessa vivência, vem sentindo a necessidade aprofundar a pesquisa sobre a interface entre aquaponia e agroecologia. Em busca de ampliar a reflexão sobre as bases agroecológicas da aquaponia e também refletir como a agroecologia pode compartilhar estratégias contra-hegemônicas diante do crescimento da aquicultura.

Nessa perspectiva, este artigo buscará fazer um mergulho nos principais temas que circundam a aquaponia, como o crescimento da aquicultura, suas bases históricas e suas relações com a agroecologia e a sustentabilidade. Para isso, construiu-se um caminho metodológico para guiar as reflexões e os levantamentos bibliográficos ligados a cada questão.

Sendo assim, o presente texto tem como objetivo (i.) analisar a situação da aquicultura e sua relação com a sustentabilidade e a segurança alimentar, (ii.) resgatar as bases históricas das *chinampas* e sua relação com a aquaponia, (iii.) identificar as relações entre agroecologia e aquaponia, (iv.) revisar o conceito de aquaponia e (v.) apresentar o cenário atual da aquaponia em Pernambuco. Para isso, o texto ficou estruturado da seguinte forma: 1. Introdução, 2. Caminhos metodológicos, 3. Aquicultura – Crescimento, sustentabilidade e segurança alimentar, 4. Aquaponia – Das chinampas à agroecologia, 5. Expansão da aquaponia em Pernambuco – Dos estudos experimentais à multiplicação de tecnologias sociais e 6. Considerações finais.

II. CAMINHOS METODOLÓGICOS

Este artigo está baseado no método histórico e busca aprofundar o entendimento sobre a interface entre aquaponia, aquicultura e agroecologia. Para tanto realizou uma pesquisa exploratória na qual utilizou a pesquisa bibliográfica e o levantamento de dados como principais estratégias metodológicas. As hipóteses e indagações surgiram a partir das provocações e das mudanças de perspectiva que a decolonialidade incita. Sendo assim, espera-se que essa pesquisa contribua com a reflexão sobre as práticas de aquicultura contra-hegemônicas na América Latina. E ajude a criar apontamentos sobre questões como: quais estratégias a agroecologia pode contribuir diante do crescimento da aquicultura? Quais são as bases agroecológicas da aquaponia?

As pesquisadoras Tereza Dulci e Mariana Malheiros no artigo, *Um giro decolonial à metodologia científica: apontamento epistemológicos para metodologias desde e para a América Latina* afirmam que:

> O pensamento decolonial tem contribuído para pensar a América Latina desde a América Latina, numa ruptura com a retórica da modernidade e a lógica da "colonialidade" e suas diversas derivações. Para a pesquisa que se propõe ser decolonial, é preciso pensar não só os pressupostos epistemológicos das teorias em que se baseiam, mas também os métodos em que as mesmas pretendem se elaborar. (DULCI, MALHEIROS, 2021, p. 177)

Portanto, essa pesquisa buscou aprofundar na experiência do próprio território para que futuramente possa traçar diálogos com outros territórios latino-americanos. Outra pesquisadora importante para a construção dessa base metodológica foi a Lilian Martins

que em seu artigo, *História da ciência: Objetos, métodos e problemas*, aponta que:

> O pesquisador deve fazer um levantamento dos trabalhos historiográficos disponíveis, a respeito do assunto que deseja estudar, e examinar os mais relevantes para ter uma ideia a respeito do que já foi estudado e para tentar localizar algum tema expressivo para sua pesquisa. É desejável também que se conheça o assunto científico cuja História se quer pesquisar. (MARTINS, 2005, p. 309)

Essa contribuição da autora reafirmou a intenção desse trabalho de contribuir com as pistas iniciais para uma genealogia da aquaponia em Pernambuco. Sendo assim, este artigo irá analisar as bases genealógicas da aquaponia através da análise de uma prática de agricultura ancestral indígena do México, as *chinampas*.

Para tanto, primeiro a pesquisa irá se debruçar sobre o atual cenário da aquicultura e sua relação com as práticas sustentáveis. Consecutivamente apresentará as *chinampas* e sua relação com as práticas de aquicultura sustentável. Em seguida, irá analisar as aproximações e distanciamentos entre a aquaponia e a agroecologia através de uma revisão da definição do conceito de aquaponia. Por fim, irá apresentar o cenário da aquaponia em Pernambuco a partir da segunda década do século XXI.

III. AQUICULTURA – CRESCIMENTO, SUSTENTABILIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR

O crescimento da aquicultura no mundo está sendo amplamente debatido em diversos espaços, desde a academia até as cúpulas globais do meio ambiente. Diversas vezes, o discurso da sustentabilidade vem sendo ligado a esse sistema agroalimentar de forma duvidosa, a fim de fazer uma associação superficial entre aquicultura e sustentabilidade. No entanto, há uma enorme diferença entre a aquicultura convencional e as práticas da aquicultura sustentável.

A aquicultura consiste no cultivo de organismos aquáticos como peixes, camarões, ostras, mariscos e mexilhões, por exemplo. Segundo a FAO, no SOFIA – Relatório do Estado Mundial da Pesca e Aquicultura, publicado em 2020, existe uma expectativa de grande crescimento do setor. A expectativa da produção total de peixes para 2030 é de 204 milhões de toneladas, o que configura um aumento de 15% se comparado com 2018 (FAO, 2020). Ainda segundo a FAO, a aquicultura é o setor de produção de alimentos que expandiu mais rapidamente em todo o mundo nos últimos 50 anos (FAO, 2020). Confirmando essa perspectiva, o pesquisador Tagore Siqueira, em sua publicação *Aquicultura - a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável*, mostra que:

> A produção da aquicultura ultrapassou o extrativismo em 2013, alcançando 51,4% da produção mundial de pescados. Apesar dos desafios tecnológicos e das crises financeiras mundiais, nos últimos quarenta anos, a aquicultura apresentou tendência de rápido crescimento, atingindo 53% da produção mundial em 2015. Caso esse ritmo de expansão seja mantido nos próximos anos, a produção da aquicultura em 2025 será duas vezes maior do que a captura, com tais números mostrando a consolidação do triunfo da Revolução Azul. (SIQUEIRA, 2018, p. 134)

Junto ao crescimento da aquicultura, a narrativa da nova Revolução Azul vem ganhando força e apresenta algumas similaridades com a Revolução verde de 1950. Visto que também propõe o aumento das fronteiras de produção, o investimento em alta tecnologia para maximizar produtividade e o estímulo ao controle por empresas transnacionais desses sistemas agroalimentares. Percebe-se também uma reorganização do agronegócio a fim de hegemonizar o potencial econômico desse novo setor produtivo em ascensão. Portanto, as considerações de Gracieda dos Santos Araújo sobre os impactos do agronegócio no campo, no artigo *O capitalismo e a apropriação da natureza: usos, consequências e resistências*, ajudam a pensar estratégias de como o campo agroecológico deve se estruturar para enfrentar os impactos do crescimento da aquicultura nos territórios das águas que enfrentam impactos similares aos que os territórios do campo sofreram com o avanço do agronegócio através da Revolução Verde:

> A dependência criada pelo modelo de produção do agronegócio no campo representa um grande desafio para a classe camponesa. A produção agrícola em grandes unidades de exploração para produção de commodities, predominantemente destinados à exportação, vem se mostrando insuficiente como modelo produtivo e de desenvolvimento, levando organizações sociais do campo a buscarem caminhos alternativos para a agricultura, que se contrapõem ao modelo do agronegócio. Nesse contexto, o debate e a apropriação da agroecologia surgem como questão relevante na discussão de uma matriz tecnológica para outro projeto político de desenvolvimento do campo, numa perspectiva contra-hegemônica. (DOS SANTOS ARAÚJO, 2019, p.119)

No vórtice do crescimento da aquicultura estão, em sua maioria, as práticas convencionais e industriais que geram grande impacto ao meio ambiente. Essas são práticas que podem estar associadas à perspectiva do agronegócio, pois funcionam através dos princípios de concentração das áreas de produção, do processamento dos alimentos, da padronização dos processos produtivos e do distanciamento em relação aos consumidores e comunidades locais.

Em paralelo a essas práticas hegemônicas, as práticas da aquicultura sustentável propõem um contraponto à perspectiva industrial e buscam desenvolver uma matriz tecnológica contra-hegemônica. Nesses casos, busca-se uma valorização dos saberes das comunidades locais e das técnicas que reduzam os impactos ao meio ambiente. Além da valorização da pesca artesanal, uma alternativa sustentável que vem chamando a atenção do movimento agroecológico é a aquaponia, uma tecnologia social que integra a criação de peixes, em tanques, com o cultivo de alimentos, sem a necessidade de solo. Sobre a qual vamos aprofundar a pesquisa em seguida.

Concomitante ao crescimento da aquicultura, cresce a situação da insegurança alimentar e da fome no Brasil e no mundo, especialmente após a pandemia da COVID-19. Segundo o SOFI – Relatório do Estado da Segurança Alimentar e da Nutrição no Mundo de 2021, publicado em conjunto pela FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, o FIDA – Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola, o UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância, o WFP – Programa Mundial de Alimentos das Nações Unidas e a OMS – Organização Mundial da Saúde, a fome mundial aumentou e o Brasil possui aproximadamente 23,5% da população brasileira, ou seja 49,6 milhões de pessoas, em situação de insegurança alimentar severa ou moderada durante o período analisado, entre 2018 e 2020 (FAO, 2021). No prefácio do mais recente SOFIA – Relatório do Estado Mundial da Pesca e Aquicultura, a FAO apresenta a aquicultura como aliada importante para a segurança alimentar global:

> Enquanto a pesca continuará a ser relevante, a aquicultura já demonstrou seu papel crucial na segurança alimentar global, com sua produção crescendo em 7,5% ao ano desde 1970. Reconhecendo a capacidade da aquicultura para um maior crescimento, mas também grandes desafios que o setor deve enfrentar à medida que se intensifica produção, exige desenvolvimento de novas estratégias de aquicultura sustentável. Tais estratégias precisam aproveitar os desenvolvimentos técnicos, por exemplo alimentos, seleção genética, biossegurança, doenças, controle e inovação digital, com desenvolvimento de negócios, de investimentos e do comércio. A prioridade deve ser o desenvolvimento da aquicultura na África e em outras regiões onde a o crescimento da população desafiará mais os sistemas alimentares. (FAO, 2020, p. vi, tradução nossa)

No entanto, o sistema agroalimentar industrial alinhado à lógica capitalista segue avançando, como afirmam os pesquisadores Iván Tartaruga e Fernanda Sperotto no artigo *Políticas de inovação inclusiva, digitalização e desenvolvimento territorial em sistemas agroalimentares: os desafios para a agricultura familiar à luz da sustentabilidade:*

> O modelo agroindustrial está calcado na modernização da agricultura, ocorrida nas últimas quatro décadas. Proposta que se caracteriza pela forte industrialização da provisão de alimentos em todas as suas etapas (produção, distribuição e comercialização), pela padronização da produção de alimentos e pela globalização dos mercados de alimentos. Por sua vez, o paradigma territorial integrado é mais recente, apesar de suas raízes antigas, e se refere a uma produção mais diversificada dos alimentos (portanto, não padronizada) e a uma ênfase aos vínculos territoriais (valorização dos recursos a ativos específicos dos territórios e das relações de proximidade social). Também conhecidas como redes de alimentação convencional e alternativa (respectivamente, paradigmas agroindustriais e territoriais integrados), esses modelos não estão substancialmente separados. (TARTARUGA, SPEROTTO, 2022, p. 129)

As grandes multinacionais do setor alimentar seguem apostando na concentração, no processamento, na padronização e no distanciamento. Infelizmente, em escala global, essas empresas estão obtendo sucesso. Além disso, a população também vem reduzindo o consumo de alimentos devido a insegurança alimentar, como os pesquisadores mostram no artigo *Efeitos da pandemia na alimentação e na situação da segurança alimentar no Brasil* (GALINDO et al, 2021). Sendo assim, além dessas empresas produzirem cada vez mais alimentos sintéticos, transgênicos e ultra processados, essa lógica também estimula as monoculturas, o uso de agrotóxicos e de fertilizantes químicos, levando a degradação do meio ambiente como consequência.

Diante desse cenário, urge a necessidade de se promover os sistemas agroalimentares sustentáveis aliados à agroecologia. Esses sistemas se fundamentam na

equidade, na solidariedade, na diversidade e na proximidade; logo, um contraponto direto aos sistemas agroalimentares industriais.

IV. AQUAPONIA – DAS CHINAMAPAS À AGROECOLOGIA

Segundo os principais pesquisadores da aquaponia, as bases ancestrais dessa técnica estão nas *chinampas* mexicanas, como afirma Simon Goddek *et al* em um dos mais recentes livros sobre aquaponia, *Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*:

> Aquaponia é um termo que foi 'cunhado' na década de 1970, mas na prática tem raízes antigas – embora ainda haja discussões sobre sua primeira ocorrência. Os astecas cultivavam ilhas agrícolas conhecidas como chinampas (as primeiras entre 1150 e 1350), em um sistema considerado por alguns como a primeira forma de aquaponia para uso agrícola. (GODDEK, 2019, p. 37, tradução nossa)

A pesquisadora Elisha Goodman, em sua tese *Aquaponics: Community and economic development*, também apresenta as *chinampas* como herança ancestral da aquaponia. Ela também afirma que Bill Mollinson, grande expoente e disseminador da permacultura, foi um dos pioneiros a fazer a associação entre as *chinampas* e a aquaponia, como é possível perceber a seguir:

Embora a aquaponia normalmente se refira a sistemas onde a água do componente aqüícola recircula e onde a hidroponia é empregada, é interessante notar os precursores da aquaponia que integraram aquicultura e agricultura sem a recirculação explícita de água ou sistemas hidropônicos. Um dos primeiros sistemas a utilizar efluentes de peixes para irrigar e fertilizar plantas terrestres, chamado Chinampas, é descrito no livro seminal de Bill Mollison sobre Permacultura intitulado "Permaculture: A Designer's Manual", publicado pela primeira vez em 1992. Este sistema foi desenvolvido pelos astecas no que é hoje o México. As Chinampas, também conhecidas como "jardins flutuantes", consistem em ilhas artificiais criadas em leitos de lagos rasos. Essas ilhas foram plantadas com culturas que foram regadas com água do lago e fertilizadas com sedimentos do lago. Neste sistema de lagos, os peixes eram selvagens e não explicitamente cultivados. (GOODMAN, 2011, p. 16, tradução nossa)

Outro fator interessante sobre as *chinampas* é que essa técnica milenar ainda existe no México e pode contribuir enquanto alternativa sustentável diante da crise ambiental que as grandes cidades enfrentam. Um artigo recente de Roland Ebel, *Chinampas: An urban farming model of the Aztecs and a potential solution for modern megalopolis*, tratou da resiliência e da versatilidade das *chinampas* na contemporaneidade:

> As chinampas, se manejadas corretamente, produzem altos rendimentos com insumos relativamente baixos. Elas também fornecem serviços ecossistêmicos (especialmente sequestro de GEE – Gases de efeito estufa e aumento da agrobiodiversidade) e oferecem benefícios recreativos e socioeconômicos para as megalópoles do mundo e pequenas comunidades nos trópicos. Uma limitação para sua implementação em maior escala tem sido os altos custos de mão de obra, especialmente para a construção manual tradicional. (EBEL, 2020, p. 18, tradução nossa)

Já os pesquisadores Marcel Mazoyer e Laurence Roudart trazem um importante aporte historiográfico. Eles são autores do livro *História das agriculturas do mundo – Do neolítico à crise contemporânea* e indicam que diversas tecnologias agrícolas contribuíram com o crescimento populacional das regiões, inclusive nos territórios da América Central onde se desenvolveram as *chinampas*, como mostra a seguir:

> Entre o ano 1.000 a.C. e o ano 1.000 d.C, a população mundial mais que dobrou, passando de 250 milhões de indivíduos aproximadamente, devido ao desenvolvimento dos sistemas hidráulicos de rizicultura de várzea dos vales e deltas da China, da Índia, do sudeste asiático e, em menor escala, devido ao desenvolvimento dos sistemas de agricultura hidráulica (Olmeca, Maias, Astecas, sociedades pré-incaicas etc.) que existiram na América durante esse período. (MAZOYER, ROUDART, 2010, p. 91)

Os pesquisadores também comentam sobre o possível aumento da produtividade de alimentos ao associar a criação de peixes com técnicas de agricultura, quando abordam no livro a hidroagricultura e a aquacultura. Ao apresentar alternativas diante dos problemas dos atuais sistemas agrários florestais, afirmam que um baixio preparado para a rizicultura aquática e a piscicultura pode alimentar várias centenas de habitantes por quilômetro quadrado, ou seja, fazendo um cálculo pessimista, dez vezes maior que os cultivos de derrubada-queimada (MAZOYER, ROUDART, 2010, p. 172). Sendo assim, corroboram a relação entre crescimento populacional, segurança alimentar e integração entre piscicultura e agricultura.

No campo agroecológico, Miguel Altieri e Parviz Koohafkan também apontam diversas características benéficas das *chinampas*, como a alta produtividade e o uso eficiente da água para fertirrigação dos cultivos. Tais características também são identificadas nos sistemas de aquaponia contemporâneos. No artigo *Globally Important Ingenious Agricultural Heritage Systems (GIAHS): extent, significance, and implications for development* os autores definem critérios para reconhecer agriculturas ancestrais importantes para o mundo. Dentre as selecionadas está as *chinampas*, como uma herança agricultural que integra agricultura e aquicultura. Além disso, os autores também afirmam que esse sistema agroalimentar tem como característica a alta produtividade, e elencam as razões:

> Os altos níveis de produtividade que caracterizam as chinampas resultam de vários fatores. Primeiro, o corte é quase contínuo; só raramente a chinampa é deixado sem um plantio. Como resultado, três a quatro colheitas são produzidas a cada ano. Um dos principais mecanismos pelos quais essa intensidade é mantida são os canteiros, nos quais as plantas jovens são germinadas antes da colheita das culturas mais velhas. Em segundo lugar, as chinampas mantêm um alto nível de fertilidade do solo, apesar da colheita contínua, porque são abastecidos com grandes quantidades de fertilizantes orgânicos. Os próprios lagos servem como bacias gigantes de captura de nutrientes. As plantas aquáticas funcionam como concentradores de nutrientes, absorvendo nutrientes que ocorrem em baixa concentração na água e armazenando-os dentro de seus tecidos. O uso dessas plantas junto com a lama do canal e a água barrenta (para irrigação) garante que um suprimento adequado de nutrientes esteja sempre disponível para as culturas em crescimento. Em terceiro lugar, há bastante água para a cultura em crescimento. (ALTIERI, KOOHAFKAN, 2004, p.10, tradução nossa)

A partir desses aportes pode-se afirmar que as *chinampas* são uma tecnologia indígena ancestral e milenar que apresentam algumas lições para a sustentabilidade, tanto no passado como no presente. Como por exemplo o uso eficiente da água, a diversidade dos plantios e a integração da produção de plantas com a produção de peixes. Ao ser catalogada enquanto GIAHS (Globally Important Ingenious Agricultural Heritage Systems) por Altieri e Koohafkan abre-se um precedente para que a agroecologia possa utilizar essa referência para o desenvolvimento de novos desenhos e estratégias de tecnologias agroalimentares mais sustentáveis e eficientes.

A concepção de agroecologia apresentada por Francisco Roberto Caporal propõe o estabelecimento de novas estratégias para o desenvolvimento rural e novos desenhos de agriculturas, desde uma perspectiva transdisciplinar e holística que valorize os saberes históricos, como afirma abaixo:

> A Agroecologia busca integrar os saberes históricos dos agricultores com os conhecimentos de diferentes ciências, permitindo, tanto a compreensão, análise e crítica do atual modelo do desenvolvimento e de agricultura, como o estabelecimento de novas estratégias para o desenvolvimento rural e novos desenhos de agriculturas mais sustentáveis, desde uma abordagem transdisciplinar, holística. (CAPORAL, 2009, p. 4)

Francisco Caporal e José Costabeber também fizeram algumas orientações de como utilizar a agroecologia para auxiliar no redesenho de agroecossistemas mais sustentáveis. No artigo *Agroecologia: enfoque científico e estratégico* os autores apresentam essa perspectiva estratégica:

> Na prática e teoricamente, a Agroecologia precisa ser entendida como um enfoque científico, uma ciência ou um conjunto de conhecimentos que nos ajuda tanto para a análise crítica da agricultura convencional (no sentido da compreensão das razões da insustentabilidade da agricultura da Revolução Verde), como também para orientar o correto redesenho e o adequado manejo de agroecossistemas, na perspectiva da sustentabilidade. (CAPORAL, COSTABEBER, 2002, p. 16)

A partir dessa visão estratégica e científica da agroecologia, pretende-se aqui analisar como a aquaponia deve se posicionar no cenário da aquicultura ao se alinhar com a base epistemológica da agroecologia. Diante do enfraquecimento da Revolução Verde, Francisco Caporal fez um chamado em seu livro, *Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis*:

> Urge, assim, a necessidade de mudança de paradigma e o novo paradigma vem sendo construído nas entranhas do insucesso da "modernização dolorosa": a Agroecologia. Esta nova corrente do pensamento científico defende a massificação dos processos de manejo e desenho de agroecossistemas mais sustentáveis, numa perspectiva de análise sistêmica e multidimensional, que levem a uma transição acelerada do atual modelo de desenvolvimento e

> de agricultura que são hegemônicos, e de perspectiva ecotecnocrática, para uma visão nova, de natureza eco-social. Portanto, moderna e capaz de produzir alimentos sadios e nutritivos para todos os brasileiros, minimizando riscos de mais danos ambientais. (CAPORAL, 2009, p. 18)

Esse alerta e apelo também se mostra aplicável diante da Revolução Azul, pois como afirmam os pesquisadores chilenos Edgardo Cerdo e Patrício Meller no livro *La Revolución Azul: Aquicultura em Chile y Perú*, o desenvolvimento explosivo da aquicultura tem sido chamado de “revolução azul”, semelhante à “revolução verde” associada à agricultura (CERDA, MELLER, 2020).

No espectro da aquicultura, a aquaponia vem ocupando essa posição de uma nova estratégia e um novo desenho mais sustentável em relação aos grandes empreendimentos do setor. A partir do paradigma da agroecologia, pretende-se analisar a aquaponia como uma perspectiva contra-hegemônica. Dessa forma, a aquaponia entendida e praticada enquanto tecnologia social agroecológica se apresenta como uma alternativa diante das práticas convencionais da aquicultura.

Sobre a interface aquaponia - agroecologia, Bernardo Corrêa, em seu artigo *Aquaponia: um sistema agroecológico resiliente*, afirma que a agroecologia enquanto ciência que utiliza de novas metodologias e que visa à melhoria ambiental aliada a produção agrícola permite que a aquaponia se insira neste amplo espectro agroecológico. (CORRÊA, 2018). Os autores do artigo *Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos* também acreditam que a aquaponia é o caminho para uma aquicultura mais sustentável:

> A utilização de novas técnicas para a manutenção da qualidade da água e sustentabilidade dos recursos hídricos, aliada à rentabilidade do cultivo por meio de maiores densidades de estocagem e maior eficiência na alimentação, é primordial para proporcionar uma aquicultura ambientalmente correta e economicamente viável. (FERRI, SOUZA, BRAZ FILHO, 2018, p. 76)

Tartaruga também acredita que as ecoinovações possuem um papel-chave na transição para um desenvolvimento sustentável, uma vez que são capazes de diminuir os impactos ambientais, quer na produção dos mais variados bens e serviços, quer no consumo desses (TARTARUGA, SPEROTTO, 2022). No artigo *Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems* os autores afirmam que na aquaponia, o agricultor precisa entender o sistema de peixes e o sistema de cultivo e deve se integrar entre eles. A aquaponia pode ser um sistema de produção agrícola sustentável (TYSON, TREDWELL, SIMONNE, 2011).

Segundo uma revisão bibliográfica, podemos aferir as principais definições da aquaponia. James Rakocy foi o pioneiro a conceituar a aquaponia e a define assim:

> Os sistemas aquapônicos são sistemas de aquacultura de recirculação que incorporam a produção de plantas sem solo. Os sistemas de recirculação são projetados para criar grandes quantidades de peixes em volumes relativamente pequenos de água, tratando a água para remover os resíduos tóxicos e depois reutilizá-la. No processo de reutilização da água muitas vezes, acumulam-se nutrientes não tóxicos e matéria orgânica. Esses subprodutos metabólicos não precisam ser desperdiçados se forem canalizados para culturas secundárias que tenham valor econômico ou de alguma forma beneficiem o sistema primário de produção de peixes. (RAKOCY, MASSER, LOSORDO, 2006, p. 1, tradução nossa)

Em seguida, o pesquisador dos países nórdicos Siv Lene Gangenes Skar reafirma a definição de Rakocy, mas alerta que a aquaponia continua sendo um método inovador ainda com poucos centros de pesquisa:

> A aquaponia é uma técnica de produção sinérgica onde você cultiva peixes e plantas juntos no mesmo sistema. A água descarregada da produção de peixes alimenta as plantas em crescimento usando técnicas hidropônicas orgânicas. As plantas, por sua vez, limpam e filtram a água que retorna ao ambiente dos peixes. Embora em uso desde a década de 1980, a aquaponia ainda é um método relativamente novo de produção de alimentos, com apenas um pequeno número de centros de pesquisa e praticantes em todo o mundo com experiência abrangente em aquaponia. (GANGENES SKAR, 2015, p. 13, tradução nossa)

O artigo mais recente que buscou discutir o conceito e atualizar a definição da aquaponia data de 2022 e se chama *The aquaponic principle - It is all about coupling*. Foi escrito por oito pesquisadores da Alemanha, Noruega, Suíça e Brasil. Esse artigo fez uma profunda revisão bibliográfica e propôs uma síntese do princípio da aquaponia, também desenvolveu os conceitos de transaquaponia e agricultura aquapônica. Para os pesquisadores, a aquaponia é uma tecnologia que une a aquicultura animal em tanques com a hidroponia – envolvendo processos microbiológicos – usando água da aquicultura para nutrição de plantas e irrigação (BAGANZ

et al, 2022). Em resumo, as novas definições propostas são:

> As três definições são formalmente resumidas como: "A agricultura aquapônica compreende a aquaponia (que combina a aquicultura animal baseada em tanque com a hidroponia) e a transaquaponia, que estende a aquaponia à aquicultura sem tanque, bem como aos métodos de cultivo de plantas não hidropônicos". Um resumo mais explicativo para um público mais amplo é: A agricultura aquapônica compreende a aquaponia (que une a aquicultura animal baseada em tanques com a hidroponia), bem como a transaquaponia, que inclui sistemas integrados de aquicultura que exploram o princípio aquapônico sem essas restrições. (BAGANZ et al, 2022, p. 255, tradução nossa)

Além do potencial produtivo a aquaponia também pode ser uma ótima ferramenta para projetos interdisciplinares de educação ambiental. Ela aborda questões como segurança hídrica, segurança alimentar e nutricional, resiliência às mudanças climáticas, entre diversos outros temas. É um laboratório educacional e ambiental capaz de contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030. Ao ser implantada em espaços educadores, a aquaponia pode contribuir com a construção do conhecimento agroecológico através da educação ambiental ao mesmo tempo que produz alimentos, como mostra o pesquisador Paulo Carneiro et al na publicação da EMBRAPA *Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia*:

> Outra forma de utilização da aquaponia que está em ascensão em alguns países desenvolvidos, e que aos poucos vem chegando ao Brasil, está relacionada ao contexto educacional. Professores de diversas disciplinas, principalmente do ensino fundamental e médio, valem-se dos conceitos técnicos da aquaponia para melhorar o aprendizado de seus alunos. Em outras palavras, sistemas simples e compactos de aquaponia podem se tornar ferramentas de ensino muito eficientes para integrar temas tão distantes quanto biologia, sustentabilidade, física, química, matemática, economia e engenharia. (CARNEIRO et al, 2015, p. 2015)

Percebe-se que a aquaponia é um agroecossistema bastante complexo, com características transdisciplinares, integradoras e holísticas. Desde suas bases ancestrais até seu desenvolvimento contemporâneo, vem sendo uma prática que pode contribuir com a construção de futuros sustentáveis visto o processo de popularização que vem passando. Em seguida, será possível observar essa expansão vinculada a agroecologia vem sendo intensa em Pernambuco.

V. EXPANSÃO DA AQUAPONIA EM PERNAMBUCO – DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS À MULTIPLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS SOCIAIS

Atualmente a aquaponia vem sendo impulsionada em Pernambuco notadamente pelo LEA – Laboratório de Ecologia e Aquicultura do IFPE – Instituto Federal de Pernambuco e por organizações da sociedade civil que atuam no campo da agroecologia e segurança alimentar, como o SERTA – Serviço de Tecnologias Alternativas e a INMED – Parcerias Internacionais para Crianças, além dos agricultores familiares e entusiastas que desenvolvem autonomamente sistemas de aquaponia.

O LEA do IFPE foi criado em 2019, porém realiza pesquisas com aquaponia desde 2018, através do projeto de extensão *Aquaponia familiar: uma alternativa de renda para produtores rurais e urbanos*. Em 2019 e 2020, o projeto de pesquisa *Aquaponia em Pernambuco: bases para o desenvolvimento rural e urbano* desenvolveu experimentos em sistemas demonstrativos na instituição pedagógica localizada no campus de Vitória de Santa Antão, na Zona da Mata de Pernambuco. Ainda em 2020, iniciou o projeto *Biorreatores para a mineralização máxima de efluentes em aquaponia: aumento da produtividade em aquaponia*. Em 2021, aprovou o projeto de extensão *Aquaponia como ferramenta sustentável estratégica para a geração de renda através do marketing digital* e cadastrou em fluxo contínuo o projeto *Aquaponia em Ambientes controlados*, para o desenvolvimento desses projetos teve incentivo tanto do IFPE quanto do PET – Programa de Extensão Tecnológica da FACEPE – Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. Dessa forma, o LEA contribui com a difusão e construção do conhecimento científico, tecnológico e pedagógico sobre aquaponia com foco em pequenos produtores da agricultura familiar do estado de Pernambuco e em 2018 realizou um levantamento nacional da aquaponia no qual identificou 10 sistemas de aquaponia instalados autonomamente em Pernambuco.

O SERTA é uma escola técnica em Agroecologia, com mais de três décadas de existência, que além de formar jovens e promover assistência técnica e extensão rural agroecológica, é um grande polo difusor de tecnologias sociais do litoral ao sertão de Pernambuco. Algumas delas são: cisternas de ferrocimento, biodigestores, SAF – Sistemas Agroflorestais, bioágua, BET – Bacias de Evapotranspiração, forno solar, entre outras. Já os

experimentos com aquaponia iniciaram no campus de Ibimirim através da parceria com o projeto *Ecolume* em 2018, que buscou desenvolver na região do semiárido de Pernambuco uma solução que congregasse as seguranças presentes na abordagem múltipla e integrada do Nexus (hídrica, energética e alimentar) e as correlacionasse com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU – Organização das Nações Unidas (LACERDA, 2020).

Após esse projeto, o SERTA desenvolveu módulos de aquaponia familiar, baseados no modelo da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e do projeto *Ecolume*, em seus dois campus, Ibimirim (Sertão do Moxotó) e Glória do Goitá (Zona da Mata Norte). Em seguida, passou a replicar a tecnologia através de seus projetos de assistência técnica agroecológica, como foi o caso do projeto *Mutirão Ciranda – Jovens e mulheres da agricultura familiar* e do projeto *Semiárido Sustentável – Mobilização e ação para sustentabilidade*, ambos financiados pela Fundação Banco do Brasil. No primeiro, foram instalados 26 sistemas de aquaponia em 5 territórios do estado de Pernambuco. Já no segundo, foi concluída a instalação de 20 sistemas de aquaponia nos municípios de Ibimirim e Manari do sertão do Moxotó, 10 delas contaram com captação de energia solar inspiradas no resultado do sistema agrovoltáico desenvolvido pelo projeto Ecolume. Segundo Francis Lacerda o conceito Ecolume propõe a combinação de água de chuva coletada pela superfície dos painéis solares com o reuso da mesma para produção de alimentos orgânicos ao longo do ano. (LACERDA, 2020).

Em 2022, o SERTA iniciou uma nova etapa da expansão da aquaponia, a partir do incentivo fiscal, com o projeto *Agricultores idosos do Moxotó*. Durante esse projeto serão instalados mais 40 sistemas de aquaponia familiar nos municípios de Betânia, Manari, Inajá é Ibimirim. Associado a isso ocorrerá assistência técnica aos sistemas instalados anteriormente, estímulo à comercialização dos produtos aquapônicos e desenvolvimento tecnológico dos sistemas de aquaponia.

Desde 2020, a INMED e o SERTA firmaram uma parceria institucional para implantar um sistema comercial de aquaponia no campus do SERTA de Glória do Goitá, com apoio do projeto *Ação Saudável* aportado pela INMED Brasil. O sistema construído ocupa 200 metros quadrados no campus de Glória do Goitá do SERTA e conta com 5 tanques de piscicultura e 10 camas de cultivo.

A INMED é uma organização não governamental americana que atua com foco em segurança alimentar há mais de três décadas, hoje desenvolve programas e projetos com aquaponia na África do Sul, Jamaica, Peru, Estados Unidos e Brasil. Em síntese, as instituições criaram um programa, *Aquaponia SERTA-INMED*, cujo objetivo é promover a aquaponia no Brasil enquanto tecnologia social e ampliar as ações de promoção da segurança alimentar no território, a partir da produção e doação de alimentos aquapônicos saudáveis para comunidades em situação vulnerabilidade social.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo trouxe à tona a importância da aquaponia no passado, presente e futuro. Suas bases históricas apresentadas a partir das *chinampas* comprovam que a aquaponia tem suas raízes absortas em águas profundas de uma técnica indígena milenar desenvolvida nos solos e nas águas da América Latina, mais especificamente no México. Tamanha a resiliência e sustentabilidade dessa técnica, que associa piscicultura e agricultura, que ela atravessou milênios e ainda é utilizada por comunidades tradicionais atualmente.

Inspiradas nessa prática milenar e em busca de criação de novas tecnologias sustentáveis e ecoinovações, a aquaponia foi se desenvolvendo e hoje se apresenta como uma tecnologia sustentável do futuro. Diante do crescimento da aquicultura, a aquaponia é uma alternativa sustentável quem vem se ressignificando e atraindo a atenção de agricultores familiares e de instituições e movimentos do campo agroecológico. Apenas em Pernambuco, entre os anos 2018 e 2022, foram implantados cerca de 59 sistemas de aquaponia em diferentes áreas do estado através do desenvolvimento de tecnologias sociais por instituições como o SERTA, a INMED, IPA e o LEA - IFPE.

Sendo assim, a aquaponia mostra um alto grau de aproximação com a agroecologia por ser uma tecnologia social sustentável, resiliente e com alto poder de replicabilidade. Além disso, a aquaponia é uma técnica integradora, transdisciplinar e holística por essência. Visto que, a partir de suas definições, consiste numa técnica que integra a aquicultura (criação de peixes) com a agricultura (produção de alimentos), através da reutilização da água a partir dos processos microbiológicos que contribuem na filtragem e limpeza da água dos tanques.

Além disso, o alto potencial produtivo e a baixa dependência hídrica tornam a aquaponia ainda mais sustentável, e capaz de contribuir com os desafios gerados pela insegurança alimentar global. Nesse momento, cabe a agroecologia entender melhor o contexto da aquicultura para contribuir com a construção de uma alternativa contra-hegemônica nesse setor. Além disso, toda *expertise* da agroecologia diante dos desafios enfrentados com a Revolução Verde e na construção de alternativas de transição agroecológica também pode ser usada para

identificar os gargalos da aquaponia e ajudar a criar soluções para que sejam construídas alternativas para uma aquicultura sustentável agroecológica.

REFERENCES

[1] Altieri, M. A.; Koohafkan, P. (2004). Globally Important Ingenious Agricultural Heritage Systems (GIAHS): extent, significance, and implications for development. FAO, Rome, Italy.

[2] Baganz, G. F. et al. (2022). The aquaponic principle - It is all about coupling. Reviews in Aquaculture, v. 14, n. 1, pp. 252-264.

[3] Caporal, F. R. (2009). Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Brasília.

[4] Caporal, F. R.; Costabeber, J. (2002). Agroecologia: enfoque científico e estratégico. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável, v. 3, n. 2, pp. 13-16.

[5] Carneiro, P. C. F. et al. (2015). Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015a. 23p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 189).

[6] Cerda, E.; Meller, P. (2020). La Revolución Azul: Aquicultura em Chile y Perú. Editorial Universidade de Talca.

[7] Corrêa, B. R. S. et al. (2018). Aquaponia: um sistema agroecológico resiliente. Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 1.

[8] Dos Santos Araújo, G. (2019). O capitalismo e a apropriação da natureza: usos, consequências e resistências. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 23, n. 1, pp. 112-123.

[9] Dulci, T. M. S.; Malheiros, M. R. (2021). Um giro decolonial à metodologia científica: apontamentos epistemológicos para metodologias desde e para a América Latina. Revista Espirales, pp. 174-193.

[10] Eebel, R. (2020). Chinampas: an urban farming model of the aztecs and a potential solution for modern megalopolis. HortTechnology, v. 30, n. 1, pp. 13-19.

[11] FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2021). The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO.

[12] FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.

[13] FAO. (2018) The State of World Fisheries and Aquaculture - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

[14] Ferri, L. S.; Souza, W.; Braz Filho, M. S. P. (2018). Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos.

[15] Galindo, E. et al. (2021). Efeitos da pandemia na alimentação e na situação da segurança alimentar no Brasil.

[16] Gangenes Skar, S. L. et al. (2015). Aquaponics NOMA (Nordic Marine) – New Innovations for Sustainable Aquaculture in the Nordic Countries.

[17] Goddek, S. et al. (2019). Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Springer Nature.

[18] Goodman, E. R. (2011). Aquaponics: community and economic development. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.

[19] Lacerda, F. F. et al. (2020). O Projeto Ecolume: O paradigma da abundância na convivência com o clima semiárido no Nordeste brasileiro.

[20] Martins, L. A. P. (2005). História da ciência: objetos, métodos e problemas. Ciência & Educação (Bauru), v. 11, n. 2, pp. 305-317.

[21] Mazoyer, M.; Roudart, L. (2010). Histórias das agriculturas no mundo: Do neolítico à crise contemporânea. IICA.

[22] Rakocy, J.; Masser, M.; Losordo, T. (2006). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publications. 454. Texas and University, Southern Regional Aquaculture Center.

[23] Siqueira, T. V. (2018). Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável.

[24] Tartaruga, I. G. P.; Sperotto, F. Q. (2022). Políticas de inovação inclusiva, digitalização e desenvolvimento territorial em sistemas agroalimentares: os desafios para a agricultura familiar à luz da sustentabilidade. Desenvolvimento territorial, sistemas agroalimentares e agricultura familiar.

[25] Tyson, R. V.; Treadwell, D. D.; Simonne, E. H. (2011). Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. HortTechnology, v. 21, n. 1, pp. 6-13.